

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-022393

(43)Date of publication of application : 24.01.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
C23F 4/00

(21)Application number : 05-151650

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 23.06.1993

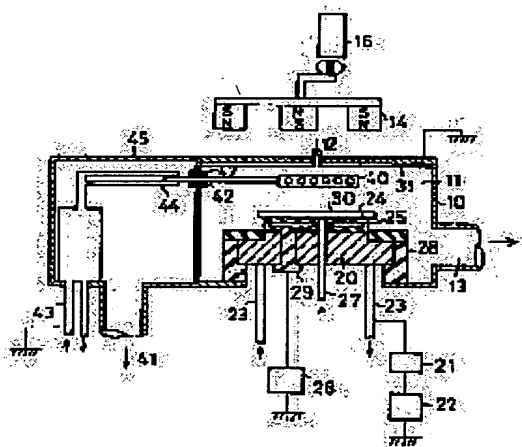
(72)Inventor : HAYASHI HISATAKA  
OIWA NORIHISA  
HORIAKA KEIJI  
OKANO HARUO

## (54) DRY ETCHING EQUIPMENT AND METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enable a dry etching equipment to be enhanced in etching selectivity to a base material and set constant in etching rate independent of the diameter of a hole by a method wherein a cooling means which is provided in a reaction chamber and kept at a specific temperature and a transfer means which transfers the cooling means between the reaction chamber and an outside of the chamber keeping the reaction chamber in vacuum are provided.

CONSTITUTION: Gas or liquid introduced through a grounded piping 43 is introduced into a temperature change section 40 through a piping provided inside a multi-joined robot 44, whereby the temperature change section 40 can be set in a temperature range of 0° C to 100° C, so that an opening 0.6 $\mu$ m in diameter, 2 $\mu$ m in depth, and above 3.4 in aspect ratio can be formed, and furthermore even if openings different in aspect ratio are mixedly present, the openings can be etched well. The temperature change section 40 can be vacuum-transferred between an etching chamber 11 and a load lock chamber 45 through the multi-joined robot 44 and the opening or the close of a shutter 42.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.06.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-22393

(43) 公開日 平成7年(1995)1月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3065

C 2 3 F 4/00

A 8414-4K

H 0 1 L 21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願平5-151650

(22) 出願日 平成5年(1993)6月23日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 林 久貴

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 大岩 徳久

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 堀岡 啓治

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 則近 憲佑

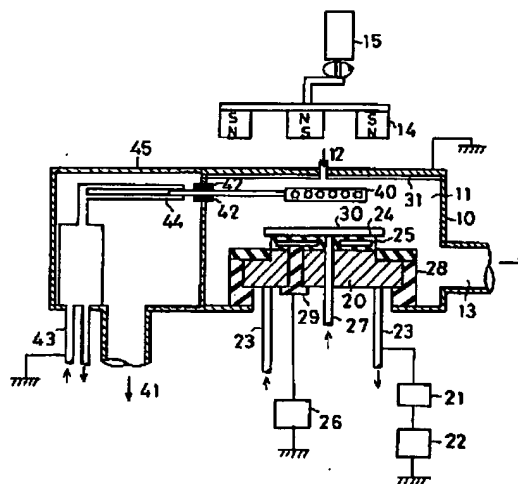
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング装置及びドライエッチング方法

(57) 【要約】

【目的】 下地材料となるSiに対する30以上の高い選択比を持ち、しかも、エッチング速度が穴径によらず一定で、高アスペクト比の開口を形成することが可能で、かつ、酸化膜エッチング装置の洗浄工程にかかる時間を短縮し、スルーットを大幅に向上させるため、反応容器内壁に膜が堆積しないようなドライエッチング装置及びドライエッチング方法を提供することにある。

【構成】 プラズマ化したガスにより被処理基板をエッチングするドライエッチングに、0℃以下の温度に冷却された部分を反応室内に設けること、また、前記冷却部分は前記反応室より真空中に保持したまま搬入・搬出ができることを特徴とするドライエッチング装置及びドライエッチング方法。



(2)

特開平7-22393

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 気密反応容器内に被処理基板を収容する手段と、前記反応容器内にエッチングガスを導入する手段と、前記ガスを用いて前記被処理基板をエッチングするドライエッチング装置において、前記反応容器内に設けられ、0℃以下に保持される冷却手段と、前記反応容器内を真空に保持したまま前記冷却手段を前記反応容器内と容器外との間で移送する手段とを備えたことを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項2】 気密反応容器内に被処理基板を収容する手段と、前記反応容器内にガスを導入する手段と、前記ガスを用いて前記被処理基板をエッチングするドライエッチング装置において、前記反応容器内に設けられる-100℃～0℃の温度範囲に設定される冷却機構と、前記反応容器内に隣接して設けられ、前記反応容器内の冷却機構をシャッターを介して前記反応容器内を真空に保持したまま搬入、搬出せしめる手段とを有するロードロック室とを備えたことを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項3】 前記冷却機構は、配管により導入された冷却ガスまたは冷却液が多関節ロボット内を通り、前記冷却機構内に前記冷却ガスまたは冷却液が導入されるものであることを特徴とする請求項2記載のドライエッチング装置。

【請求項4】 前記冷却機構は、配管により導入された冷却ガスまたは冷却液が多関節ロボットを介した熱伝導により間接的に冷却されるものであることを特徴とする請求項2記載のドライエッチング装置。

【請求項5】 前記冷却機構は、前記冷却機構内にドライアイスが封入されたものであることを特徴とする請求項2記載のドライエッチング装置。

【請求項6】 プラズマが生成され、この生成されたプラズマの近傍に該プラズマを冷却せしめる冷却手段を備えた反応容器内に、シリコン基板もしくはシリコン膜上にシリコン酸化膜が形成され、前記シリコン酸化膜上にマスクパターンが形成された被処理基板を収容する工程と、前記反応容器内に少なくとも炭素、弗素を含むガスを導入する工程と、前記ガスをプラズマ化し、前記マスクパターンに沿って前記シリコン酸化膜の前記シリコン基板もしくはシリコン膜に対する選択エッチングにより前記シリコン酸化膜に開孔を形成する工程とを有し、前記選択エッチング工程中前記冷却手段を-100℃～0℃に設定することにより前記開口径に対するシリコン酸化膜のエッチング深さの比が3以上となるように開孔を形成することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項7】 アスペクト比が3以上の開孔とアスペクト比が3以下の開孔とが混在する前記被処理基板を形成することを特徴とする請求項6記載のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

2

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ドライエッチング装置及びドライエッチング方法に係わり、例えば、シリコン酸化膜等のドライエッチング装置及びドライエッチング方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、多結晶シリコン等の電極材料やシリコン酸化膜等のエッチングには反応性イオンエッチング法が用いられている。反応性イオンエッチング法は、被処理基板、例えば、被エッチング薄膜が形成された基板を、一対の平行平板電極を備えた真空の反応容器内に入れ、反応ガスを導入した後、高周波電力の印加により前記ガスを放電せしめ、この放電により発生したガスプラズマを用いて被処理基板をエッチングする方法である。この反応性イオンエッチング法の他に、プラズマエッチングECR型ドライエッチング法、イオンビームエッチング法、光励起エッチング法等のエッチング方法があるが、これらのエッチングも真空の反応容器内の被処理基板に活性化した反応ガスのイオンを化学的あるいは物理的に作用させてエッチングを行うものであり、この点において、反応性イオンエッチング法と同様と考えてよい。

【0003】 シリコン酸化膜のエッチングには、反応ガスとして $C_2F_6$ 、 $CF_4$ 、 $CHF_3$ 等の炭素と弗素を含むガスが通常よく用いられている。例えば、 $CHF_3$ ガスを用い、被処理基板である表面に酸化シリコン膜が形成されたSi基板上にコンタクトホールを開孔する場合、放電によって生じた $CF_3$ ラジカルが被処理基板表面に吸着する。酸化シリコン膜表面に吸着した $CF_3$ はイオン衝撃により、CとFに解離し、Fは酸化シリコン膜中のSiと反応し揮発性物質 $SiF_4$ を生成し、Cは酸化シリコンに含まれていたOと反応してCOを生成しエッチングが進行する。一方、Si上に吸着した $CF_3$ はHによってFを引き抜かれて、主に $CF_x$  ( $x=0\sim 2$ )からなる重合膜（フロロカーボン膜）を形成する。この重合膜はエッチングを抑制するため、酸化シリコン膜と異なりエッチングは進行しない。その結果、Siに対する酸化シリコンの選択エッチングが可能となる。

【0004】 一方、半導体集積回路、例えばDRAM、不揮発性メモリ等では集積度が上がるにつれて、コンタクトホール形成等の酸化シリコン膜のエッチングを行う際には、下地のSiに対する高い選択比が要求され、しかもパターンの微細化に従って穴径が小さく、エッチング深さの深い高アスペクト比の開孔の形成が必要となっている。しかしながら、高密度プラズマによる反応性イオンエッチングとして知られるマグネトロンRIE装置において、例えばエッチングガスとして $CHF_3$ ガスを用いてコンタクトホールのエッチングを行うと、図12のような特性図となる。すなわち、図12は2.0μm膜厚の熱酸化膜に1.2～1.6μm径のパターンを形

(3)

特開平7-22393

3

成し、深さ1 $\mu$ m程度のエッチング後、その断面を電子顕微鏡で観察し、エッチング深さと穴径との関係を調べたものである。この時CHF<sub>3</sub>流量を200SCCM陽極温度を60℃、陰極温度を20℃の一定に保ったところ、穴径が小さくなるにつれ、エッチング速度が低下し、エッチング深さが減少してしまうという問題が生じた。特に、穴径が1 $\mu$ m以下になると急激にエッチング深さが低下し、深さ1 $\mu$ mのエッチングが不可能となった。つまり穴径1 $\mu$ m以下ではアスペクト1以上のコンタクトホール形成が困難であった。このことは、CHF<sub>3</sub>の流量が100SCCMの場合でも同様の傾向であった。

【0005】さらにまた、径の大きさの異なる開孔を形成する場合、穴径に依存してエッチング速度が変化する。つまり、径の大きい開孔のエッチング速度よりも径の小さい開孔のエッチング速度の方が小さい。このため、径の大きい開孔を設計通りにエッチングする条件でエッチングを行なうと径の小さい開孔では下地まで穴が到達せず、逆に小さい開孔の方のエッチング条件に合わせると大きい開孔の方はオーバーエッチングになってしまうという問題があった。

【0006】また、従来シリコン酸化膜のドライエッチングにおいてはフロンガス等CとFを含むガスを用いているため、エッチング時、前記ガス中の元素を含むフロロカーボン膜がエッチング装置の反応容器内壁に堆積することは避けられない。そして、エッチングを繰り返すうちにこのフロロカーボン膜が剥離し、被処理基板のパターン欠損の原因となる。これを避けるため、通常、一定の稼動時間毎に装置を止め、反応容器の洗浄工程を取り入れているが、洗浄は多大な時間を必要とするため、装置のスループットを著しく低下させてしまうという問題点があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、シリコン酸化膜等のドライエッチングでは、径が極めて小さくアスペクト比が1以上と大きいコンタクトホールを開孔する場合、エッチング速度が小さいため下地まで穴が到達しないという問題があった。また、径の異なる開孔を形成する場合穴径の大きさに依存してエッチング速度が変化し、径の大きい穴のエッチング速度に対して径の小さい穴のエッチング速度が低下するため、径の小さい開孔のエッチング条件に設定すると、径の大きい穴の底にある下地材料がエッチングされる問題があった。さらにまた、フロンガスを用いているため、エッチング時、フロロカーボン膜がエッチング装置の反応容器内壁に堆積してしまう。そしてエッチングを繰り返すうちにこのフロロカーボン膜が剥離し、パターン欠損の原因となる。これを避けるため、一定の稼動時間毎に装置を止め、反応容器の洗浄工程を取り入れているが、洗浄は多大な時間を必要とするため、装置のスループットを著しく低下させてしまうという問題点があった。

4

【0008】本発明は、上記実情を鑑みてなされたもので、その目的とするところは、下地材料に対して高い選択比を持ち、しかも、エッチング速度が穴径大きさによらず一定で、高アスペクト比の開孔を形成することが可能なドライエッチング装置及びドライエッチング方法を提供することにある。また、ドライエッチング装置の洗浄工程にかかる時間を短縮し、スループットを大幅に向上させるため、反応容器内壁に膜が堆積しない機構を具備したドライエッチング装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するための本発明の第1においては、気密反応容器内に被処理基板を収容する手段と、前記反応容器内にエッチングを導入する手段と、前記ガスを用いて前記被処理基板をエッチングするドライエッチング装置において、前記反応容器内に設けられ、0℃以下に保持される冷却手段と、前記反応容器内を真空中に保持したまま前記冷却手段を前記反応容器内と容器外との間で移送する手段とを備えたドライエッチング装置を提供する。

【0010】また、本発明の第2においては、気密反応容器内に被処理基板を収容する手段と、前記反応容器内にガスを導入する手段と、前記ガスを用いて前記被処理基板をエッチングするドライエッチング装置において、前記反応容器内に設けられる-100℃～0℃の温度範囲に設定される冷却機構と、前記反応容器内に隣接して設けられ、前記反応容器内の冷却機構をシャッターを介して前記反応容器内を真空中に保持したまま搬入、搬出せしめる手段とを有するロードロック室とを備えたことを特徴とするドライエッチング装置を提供する。

【0011】更に、本発明の第3においては、プラズマが生成され、この生成されたプラズマでの近傍に該プラズマを冷却手段を備えた反応容器内に、シリコン基板もしくはシリコン膜上にシリコン酸化膜が形成され、前記シリコン酸化膜上にマスクパターンが形成された被処理基板を収容する工程と、前記反応容器内に少なくとも炭素、弗素を含むガスを導入する工程と、前記ガスをプラズマ化し、前記マスクパターンに沿って前記シリコン酸化膜の前記シリコン基板もしくはシリコン膜に対する選択エッチングにより前記シリコン酸化膜に開孔を形成する工程とを有し、前記選択エッチング中、前記冷却手段を-100℃～0℃に設定することにより前記開口径に対するシリコン酸化膜のエッチング深さの比を4以上となるように開口を形成することを特徴とするドライエッチング方法を提供する。

【0012】

【作用】シリコン酸化膜等へコンタクトホール等の形成のためのドライエッチングでは、コンタクトホールの穴径の大きさに依存してシリコン酸化膜のエッチング速度が変化し、径の小さい穴のエッチング速度が低下したり、径やアスペクト比の異なるコンタクトホールを開孔

(4)

特開平7-22393

5

する場合、径が小さいあるいはアスペクト比の大きいコンタクトホールではエッチング速度が小さいため下地まで穴が到達しない問題がある。小さい穴のエッチング速度が低下する原因は、小さい穴の底にフッ素カーボン膜が厚く堆積し、エッチングを抑制するからである。例えば、エッチングガスとして用いられる弗化炭素ガス、例えば  $\text{CF}_4$  ガスと水素ガスの混合ガスを放電励起すると、 $\text{CF}_4$  が電離して、 $\text{CF}_3$  と  $\text{F}$  が生成され、 $\text{H}_2$  が電離し  $\text{H}$  が生成される。さらに、生成した  $\text{H}$  による  $\text{F}$  の引き抜き効果により  $\text{CF}_x$  ( $x=0\sim 2$ ) が生成する。 $\text{CF}_3$  は常温での付着確率は低いが、低温での付着確率は高くなるので、低温部に付着しやすい。一方、 $\text{CF}_3$  と同時にプラズマ中で生成される  $\text{CF}_x$  ( $x=0\sim 2$ ) は、もともと付着確率が高く、温度を下げても付着のし易さはほとんど変わらない。従って、本発明のように反応容器内に低温部を設けると、そこに  $\text{CF}_x$  が多量に付着し、プラズマ中の  $\text{CF}_x$  ( $x=0\sim 2$ ) の濃度が相対的に上昇する。この  $\text{CF}_x$  ( $x=0\sim 2$ ) のウェハ表面での付着量は表面形状に依存する。つまり、径の小さい穴の底では、付着量が減少するため、エッチングを抑制するフッ素カーボン膜は、径の小さい穴の底では形成されない。そのため、反応容器内に低温部を設けることで、径の小さい穴のエッチング速度は低下せず、高アスペクト比の開孔が可能となった。

【0013】また、径の小さい穴のエッチング速度が径の大きい穴のエッチング速度に比べて大幅に低下する現象に対しても、反応容器内に低温部を設けると、径の小さい穴のエッチング速度が低下しなくなった。上述した効果は本発明者らが鋭意工夫して実験を重ねた結果得られたものである。

【0014】さらにまた、シリコン酸化膜のドライエッチングにおいて、エッチング時例えば、フロンガスを用いるとフッ素カーボン膜が反応容器内壁に堆積するが、反応容器内に低温部を設けることで、低温部でのフッ素カーボン膜堆積量は増大し、反応容器内壁に堆積する量は激減する。従って、この低温部をロードロック等を利用して真空中に保持したまま、反応容器外に移送し、大気中で洗浄することで反応容器内で堆積したフッ素カーボン膜のほとんどを除去することが可能となる。さらに、低温部の洗浄を行なっている間、用意してある予備の低温部を用いることにより、エッチング装置を止めることなく継続することができる。この方法により装置の洗浄時間を大幅に短縮でき、装置のスループットを大幅に上げることができる。

【0015】

【実施例】以下、本発明によるドライエッチング装置及びドライエッチング方法の実施例について、図面を参照しながら説明する。図1は本発明の一実施例のドライエッチング装置を示す概略構成図である。図1中10はエッチング室11を形成する接地された反応容器であり、

6

この反応容器10の底部に陰極20が設置されている。陰極20には、マッチング回路21を介して電源22から13.56MHzの高周波電力が印加される。また、陰極20は冷却管23を通して冷媒により冷却され、この冷却管23は高周波電力印加のためのリードとして用いられる。陰極20上にはポリイミド膜24に挟まれた銅板25が取り付けられており、この銅板25には陰極20とは絶縁物により絶縁された電源26からリードを介して4kVの電圧が印加されることにより、被処理基板30が陰極20上に静電的に吸着されるものとなっている。

【0016】また、エッチング室11にはガス導入口12から反応性ガスが導入され、さらにエッチング室11内のガスは排気口13から排気される。陰極20に対向する陽極31は、反応容器10の一部でありエッチング室11の上壁に配置され、接地されている。この陽極31上の反応容器10の外には、複数の永久磁石14及びその駆動機構15からなる磁場発生器が設置され、陰極20と陽極31との対向空間に磁界を発生するものとなっている。なお、図1中27は被処理基板30の裏面にガスを導入して熱伝導を取るためのガス導入管、28は陰極20と反応容器10とを絶縁するための絶縁物を示している。

【0017】また、ロードロック室45は排気口41を備えている。温度可変の物体(変温部)40の温度調節は、接地された配管43により導入されたガス又は液体が多関節ロボット44内の配管(図示せず)を通じて、変温部40内に導入されることにより直接的に変温部40を温度調節するようにしている。また、エッチング室11とロードロック室45の間の気密は、シャッター42により保たれている。そして、シャッター42の開閉及び多関節ロボット44により、変温部40がエッチング室11、ロードロック室45間を真空搬送できるような構造を形成している。

【0018】又、変温部40の温度調節は前記ガス又は液体が、例えばアルミやアルマイト等の熱伝導率のよい材質で作られた多関節ロボットにより、熱伝導で間接的に変温部40を温度調節してもよい。

【0019】また、変温部40を冷却する場合、変温部40内に例えばドライアイス等を封入することにより直接的に変温部40を冷却してもよい。ここで、上記マグネトロン型ドライエッチング装置を用いて、電極間に高周波電力800Wを印加し、陰極温度20℃、変温部温度60℃、 $\text{CF}_4$  ガスと $\text{H}_2$ ガスの総流量100SCCM、圧力40mTorrの条件で、 $\text{H}_2$ の流量比を変えて、シリコン(Si)基板上の酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )膜をエッチングした場合のSiと $\text{SiO}_2$ のエッチング速度を調べると、図2のような特性図となった。図中縦軸はエッチング速度、横軸は水素流量比である。水素流量比が大きくなるように従い、 $\text{SiO}_2$ のエッチング速度がや

(5)

特開平7-22393

7

や減少する。それに対し、Siのエッチング速度は水素流量比に大きく依存して減少する。例えば水素流量比55%ではSiO<sub>2</sub>/Siの選択比は約35と大きいものが得られる。図3はエッチング時間1分間でのエッチング深さの穴径依存である。CF<sub>4</sub> 100%ではエッチング速度は穴径にはほとんど依存しないが図2からわかるように選択比は5しかない。つまり、高い選択比を得るためにH<sub>2</sub>流量比を30%以上にすると0.4μm径のコンタクトのエッチング速度が0.5μm径以上に比べて大幅に低下する。

【0020】次に、変温部40の温度を変化させてエッチング特性を調べた。図4に変温部40の温度とSiO<sub>2</sub>エッチング速度の関係を示す。エッチングガスとしてCF<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>の混合ガスを用い、それぞれの流量比CF<sub>4</sub> 60SCCM、H<sub>2</sub> 40SCCMとし、圧力は40mTorrとした。図4からわかるようにSiO<sub>2</sub>のエッチング速度は変温部40の温度が0℃以下では若干上昇するが、Siのエッチング速度の温度依存性はほとんどない。対Si選択比は変温部40のを0℃以下では若干上昇する。

【0021】次に図5により本発明のドライエッチング装置を用いたドライエッチング方法の実施例による効果を説明する。図5は変温部40の温度を変えたときのエッチング1分間でのエッチング深さの穴径依存性を示す特性図である。変温部40の温度が60℃では、穴径0.4μmコンタクトのエッチング速度が穴径0.5μm以上に比べて大幅に低下する。一方、0℃及び-35℃では穴径0.4μmコンタクトのエッチング速度も0.5μm以上に比べて低下しない。さらに、-150℃では再び穴径0.4μmコンタクトのエッチング速度が穴径0.5μm以上に比べて大幅に低下する現象が見られた。-150℃近くで60℃の場合と同様にSiO<sub>2</sub>エッチング深さの急激な低下が見られたのは次のような理由によるものと考えられる。すなわち、0℃以下と低温にすることでCF<sub>4</sub> (x=0~2)はももとの付着確率の高さから変温部に存在するがその温度をさらに下げていった場合には反応性は低くなり、例えば-150℃付近では重合膜とならずに脱離し易い状態(マイグレーション)となっているからと考えられる。従って、穴径0.5μm以下のコンタクトホール等の穴のエッチングを行う場合、前述した本発明の実施例装置の変温部40の温度を-150℃~0℃にすることによりSiO<sub>2</sub>のエッチング深さの急激な低下が生じない。

【0022】図6は変温部40の温度を変化させた際のエッチング形状を示す図である。このとき、用いた基板は、Si上にCVDにより膜厚2μmのSiO<sub>2</sub>膜を堆積し、その上に、レジストパターンが形成されている基板のエッチング形状である。図6(a), (b)に示される変温部40の温度160℃, 60℃の条件では、穴径0.4μm, 0.6μmの場合、いずれもエッチング中にSiO<sub>2</sub>穴底部にフッ素カーボン重合膜が堆積し、

8

エッチングが停止した。それに対し、図6(c), (d)及び(e)に示す。変温部40の温度0℃, -35℃及び-100℃の条件では、穴底部にフッ素カーボン重合膜が厚く堆積することなく、従って、エッチングが途中でとまることなく、正常にエッチングされた。さらに、温度を低下し、図6(f)に示す変温部40の温度-150℃になると、再び穴径0.4μm, 0.6μmの場合、いずれもエッチング中にSiO<sub>2</sub>穴底部にフッ素カーボン膜が堆積することが確認された。

10 【0023】図6に示されるように変温部40を0℃~-150℃の間に設定することによる良好なエッチングを行なえることを図7乃至図9を用いて説明する。図7はCF<sub>3</sub>及びCF<sub>2</sub> (x=0~2)の変温部温度に対する付着確率の変化を示す特性図である。この図からCF<sub>3</sub>は変温部温度の低下にともない変温部40の付着確率は上昇する。20℃以上では付着確率は0.5以下であるが0℃以下で0.8以上となる。一方、CF<sub>2</sub> (x=0~2)の方は、変温部温度に対し変化が少なく付着確率が高い。60℃以上で若干付着確率が減少しているが160℃で0.8であることがわかる。

20 【0024】次に、図8に示す開口径あるいはアスペクト比の異なる穴を有するSiのサンプル基板50を変温部40に設置し、変温部40の温度を低下させた時のフッ素カーボン重合膜51の堆積形状を図9に示す。このとき陰極温度は20℃一定に保って実験を行った。図9から明らかなように変温部40を低温にすると、付着確率の低いCF<sub>3</sub>はサンプル基板50に付着しやすくなる。一方、CF<sub>3</sub>と同時にプラズマ中で生成されるCF<sub>2</sub> (x=0~2)はもともと付着確率が高く、変温部40を-100℃と0℃の間で低温にしてもサンプル基板50への付着量はほとんど変化しない。さらに、変温部40の温度を低くし、-150℃程度にしても、付着確率はほとんど変わらないはずである。ところが、実際は、例えば図9(f)に示すように-150℃程度になると、CF<sub>3</sub>やCF<sub>2</sub> (x=0~2)の反応による重合膜51はほとんど形成されない。これは、前述したように一度、サンプル基板50に吸着したCF<sub>3</sub>やCF<sub>2</sub> (x=0~2)は低温化により反応性が低下するためサンプル基板50から脱離し易い状態(マイグレーション)となっているからと考えられる。このため、-150℃以下ではサンプル基板50へのCF<sub>2</sub>の付着量は減少する。

40 【0025】そして、変温部40に設置されたサンプル基板50にCF<sub>3</sub>が付着した分だけ、プラズマ中のCF<sub>3</sub>濃度が減り、CF<sub>2</sub> (x=0~2)濃度が相対的に上昇する。付着確率の高いCF<sub>2</sub> (x=0~2)は、一度表面に付着すると-100℃以上ではほとんどそこで固着するため、CF<sub>2</sub> (x=0~2)の付着量は表面形状に依存し、図6に示すように、エッチングの進行中、立体角の小さな小さい穴の底では付着量が減少し、エッチ

9

ングを抑制するフロロカーボン膜が形成されにくくなる。

【0026】したがって、変温部40を0℃～100℃の範囲内に設定することで、図6(b)の穴径0.6μmで深さ2μmのアスペクトが3.4より大きい開孔を形成することができ、また、アスペクト比がこれと異なる(例えば図6の穴径1.2μmの場合アスペクト比は約1.6)開孔が混在していても両方の開孔を良好にエッチングすることができた。

【0027】このように、変温部40を低温、特に-150℃～0℃にすることで、プラズマ中のCF<sub>x</sub>(x=0～2)濃度を制御し、SiO<sub>2</sub>エッチング速度が特定の温度範囲内で穴径に依存しなくなるという現象は本発明者らが鋭意工夫し実験を重ねた結果初めて見出されたものである。

【0028】また、図1の実施例装置において、20時間の放電後、変温部40に多量のフロロカーボン膜が付着したので、変温部40を洗浄するために、ロードロック室45へ変温部40を真空搬送した。変温部40は多関節ロボット44から取り外し大気中で洗浄を行った。その間、変温部40の予備の変温部を用いることでエッチングは装置を止めることなく継続された。放電時間100時間後でも、反応容器内壁にはほとんどフロロカーボン膜の堆積は認められなかった。このように本発明の実施例装置によれば装置の稼働を停止することなく、また、反応容器を大気解放することなくエッチングを継続することが可能となった。

【0029】また、本発明によるドライエッチング方法を実施する場合、つまり、0.5μm以下orアスペクト比1.4以下の開孔径のコンタクトホール等の穴をエッチングする際には、図11に示す如きエッチング装置を用いることも可能である。この装置が図1の装置と異なる点は変温部40aの構造にある。つまりこの装置ではロードロック室45がなく変温部40aにフロロカーボン膜が付着した時には気密容器10を大気開放する。そしてこの変温部40aは陰極20の対向電極の陽極としても機能し、接置される。また、この変温部40aを0℃以下に低温化するのは、冷却管32aから冷媒を変温部40aへ導入し、これを冷却管32bから排出することにより一定温度になるようにしている。そしてまた、陽極としての変温部40aは絶縁物33、34により反応気密容器10の壁とは電気的に分離されている。このドライエッチング装置のその他の構成は図1と同様であるので、同一の符号を付して示し、詳細な説明は省略する。

【0030】前記2つの実施例装置において、冷却機構としての変温部40を取り入れる前後での装置の1ヵ月あたりの稼働状況を図10に示す。洗浄時間が100時間から1時間に激減したこと、並びに、反応室を大気解放しないことによりトラブルで装置が停止している時間

(6)

特開平7-22393

10

が半分に減ったことから実ウェハ処理時間が330時間から479時間へと1.45倍に増えた。すなわち、スループットが1.45倍となった。

【0031】尚、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、例えば、エッチングガスとしてはCF<sub>4</sub>の他CHF<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>のいずれかのガスあるいはこれらの混合ガスあるいはこれにH<sub>2</sub>を添加した混合ガス等を用いることが可能である。

【0032】またエッチングする酸化膜も熱酸化膜、気相あるいは液相で形成されたCVD酸化膜等に適用することが可能である。また、基板もシリコン基板に限らずSOI基板でもよく、また基板上に多結晶シリコン膜が形成されその上の酸化膜を前記多結晶シリコン膜に対して選択的にエッチングするような場合でも適用することができる。

【0033】さらにまた、本発明のドライエッチング装置も図1に示したような構成に限られるものではなく、要はエッチング時、不要なフロロカーボン膜が被処理基板30に付着しないようにする0℃以下に冷却可能な冷却機構を備え、この冷却機構がエッチング装置内を大気開放することなく交換可能である構造であればよい。

【0034】又、ドライエッチング装置としては、実施例のような平行平板型RIE装置の他、ECR型ドライエッチング装置、プラズマエッチング装置、イオンビームエッチング装置、あるいは光励起エッチング装置等を用い得る。

【0035】

【発明の効果】以上詳述したように本発明のドライエッチング方法によれば、下地材料、例えばシリコン基板に対して、酸化膜を高い選択比を持ち、しかも、酸化膜のエッチング速度が穴径によって急激に低下することなく、高アスペクト比のコンタクトホールの形成が可能となった。また、本発明のドライエッチング装置によればエッチング装置の洗浄工程にかかる時間を短縮し、スループットを大幅に向上させることが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるドライエッチング装置の概略構成図。

【図2】 水素添加量と、SiO<sub>2</sub>及びSiエッチング速度との関係を示す特性図。

【図3】 水素添加量を変化させた際の、穴径とSiO<sub>2</sub>エッチング深さの関係を示す特性図。

【図4】 変温部とSiO<sub>2</sub>エッチング速度との関係を示す特性図。

【図5】 変温部を変化させた際の、穴径とSiO<sub>2</sub>エッチング深さの関係を示す特性図。

【図6】 変温部温度を変化させた際のエッチング形状を示す図。

【図7】 変温部温度と付着確率の関係を示す特性図。



(7)

特開平7-22393

11

12

【図8】 使用した試料の断面形状を示す断面図。

【図9】 変温部温度を変化させた際の試料上へのフロロカーボン膜の堆積形状を示す図。

【図10】 本発明によるドライエッチング装置と従来のドライエッチング装置のスループットの比較図。

【図11】 本発明のドライエッチング方法に用いられる他のドライエッチング装置の概略構成図。

【図12】  $\text{CHF}_3$  ガスを用いた酸化シリコン膜のエッチングの深さと穴径との関係を示す図。

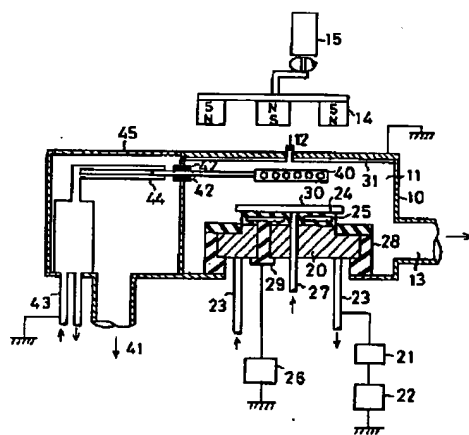
【符号の説明】

- 10 反応容器  
11 エッチング室  
12 ガス導入口  
13 排気口  
14 永久磁石  
15 駆動機構  
20 陰極  
21 マッチング回路

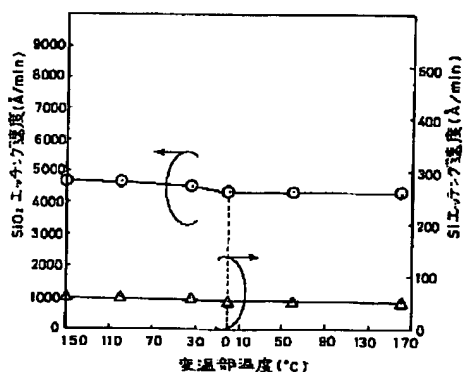
10

- 22 電源  
23 冷却管  
24 ポリイミド膜  
25 銅板  
26 電源  
27 ガス導入管  
28 絶縁物  
29 絶縁物  
30 被処理基板  
31 陽極  
40 変温部  
41 排気口  
42 シャッター  
43 配管  
44 多関節ロボット  
45 ロードロック室  
50 サンプル  
51 重合膜

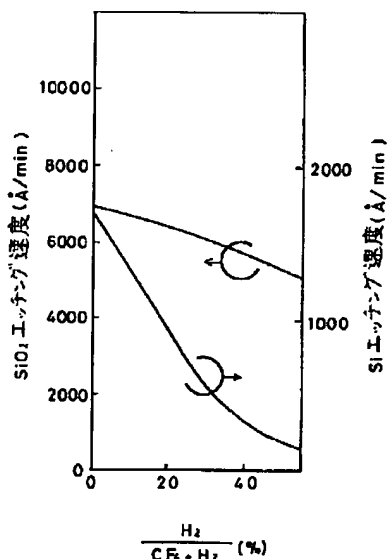
【図1】



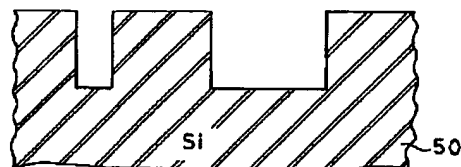
【図4】



【図2】



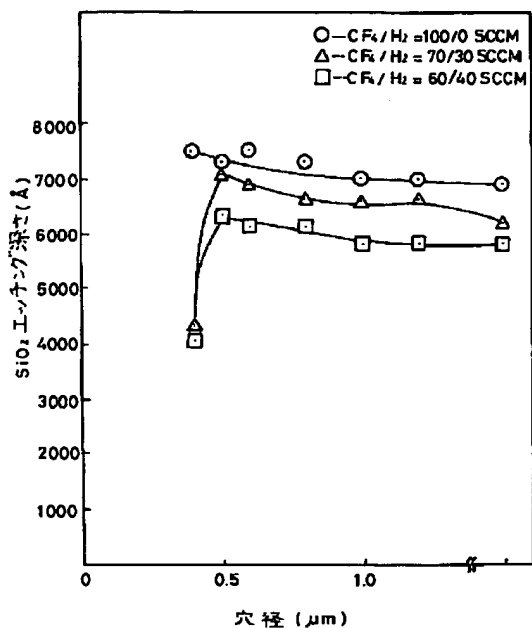
【図8】



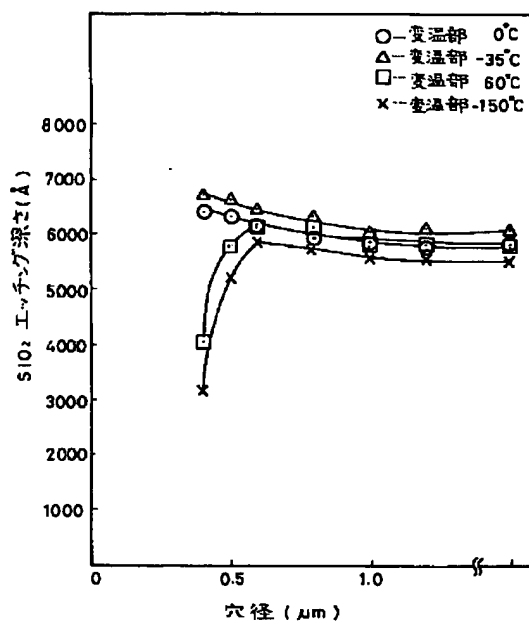
(8)

特開平7-22393

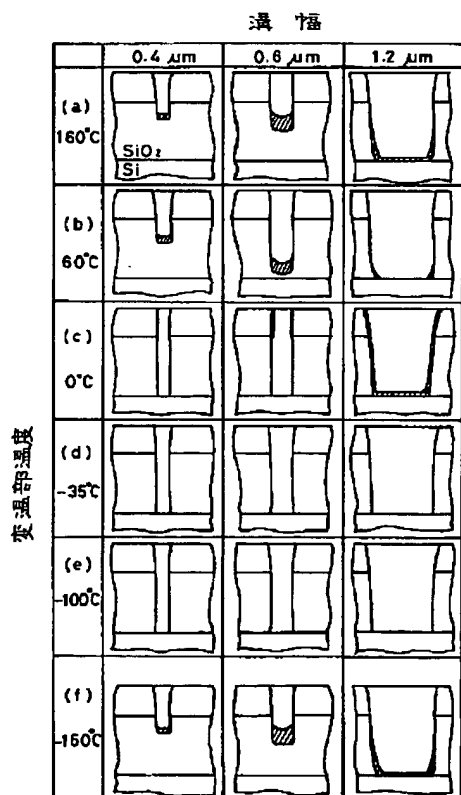
【図3】



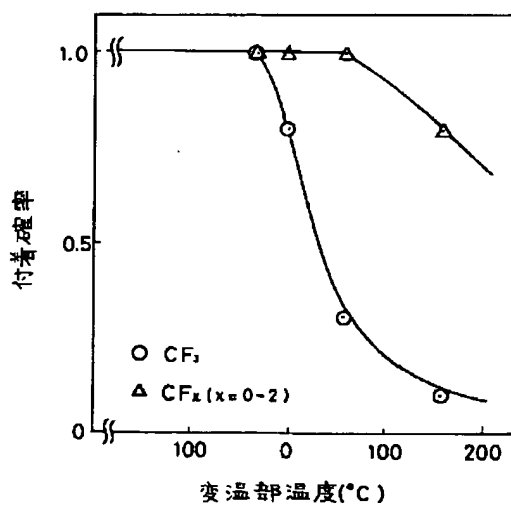
【図5】



【図6】



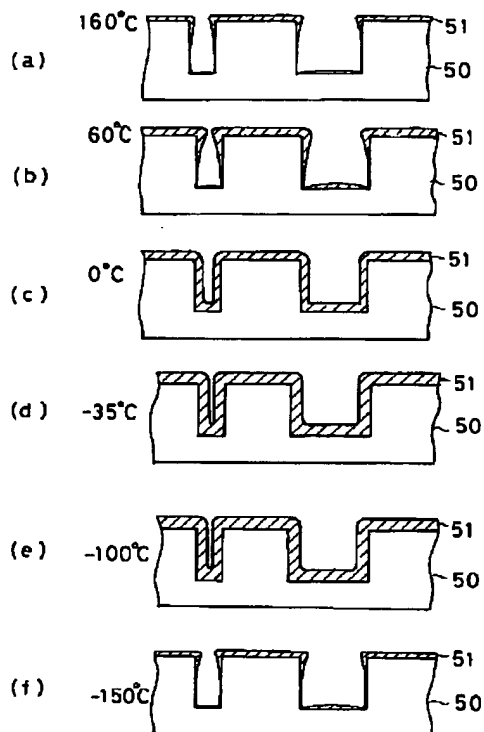
【図7】



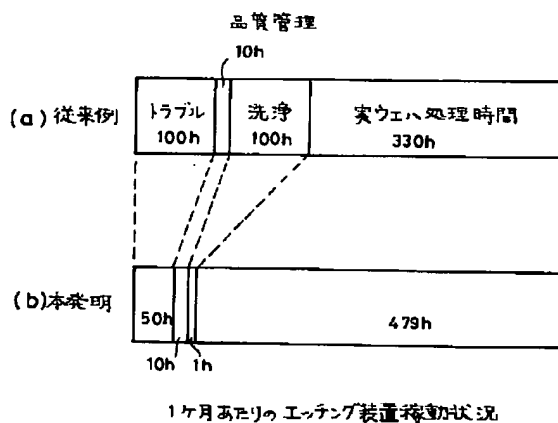
(9)

特開平7-22393

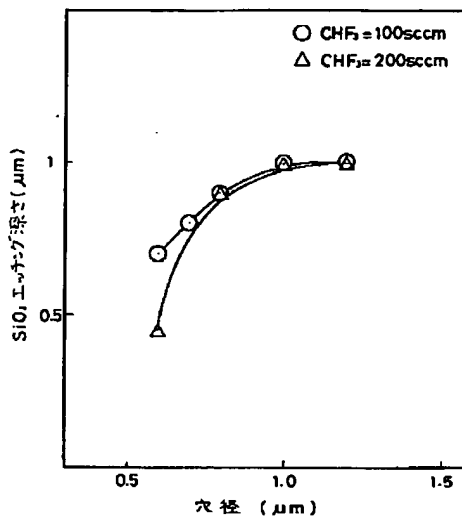
【図9】



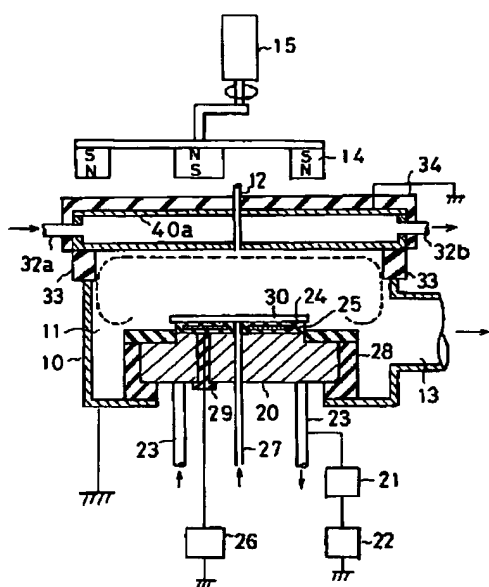
【図10】



【図12】



【図11】



(10)

特開平 7-22393

フロントページの続き

(72)発明者 岡野 晴雄

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株  
式会社東芝研究開発センター内